

**Penurunan Biomassa, Perubahan Struktur Anatomi dan Kondisi Fisik Serabut Kelapa
(*Cocos nucifera* L.) Setelah Perendaman Asam Klorida pada
Konsentrasi yang Berbeda**

Ita Novita Sari*, Munifatul Izzati*, Sri Haryanti*

**Laboratorium Biologi Struktur dan Fungsi Tumbuhan Jurusan Biologi FSM Undip*

ABSTRACT

Pretreatment is a preliminary stage in the manufacture of bioethanol. Hydrochloric acid (HCl) is often applied in the pretreatment of cellulose bioethanol that aim to remove lignin and hemicellulose cellulose binding. This study aims to determine the concentrations of hydrochloric acid (HCl) which effective in degrading lignin and hemicellulose in terms of biomass decline in coconut fibers, and to know the anatomical structure and texture of coconut fibers after acid pretreatment. The study was conducted using a completely randomized design (CRD) consist of 7 treatments such as soaking coconut fiber in hydrochloric acid concentration of 0% (control), 3%, 5%, 7%, 40%, 50%, and 60%. The results showed that acid pretreatment in high concentrations caused a decrease in biomass, changes in anatomical structure sklerenkim walls and cause structural coconut fibers coconut fibers became soft. Results of analysis of variance (ANOVA) and Duncan test significance level of 95% indicated that soaking coconut fibers at high concentration of hydrochloric acid affected the biomass decline of coconut fiber. The most effective concentration of hydrochloric acid in the degradation of lignin and hemiselosa coconut fiber is 60%.

Keywords: pretreatment, coconut fibers, hydrochloric acid, biomass decline, anatomical structure, physical conditions

ABSTRAK

Pretreatment adalah suatu tahap pendahuluan dalam pembuatan bioetanol. Asam klorida (HCl) sering diaplikasikan dalam *pretreatment* bahan dasar bioetanol berbasis selulosa yang bertujuan untuk menghilangkan lignin dan hemiselulosa yang mengikat selulosa. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi asam klorida (HCl) yang efektif dalam mendegradasi lignin dan hemiselulosa ditinjau dari penurunan biomassa pada serabut tanaman kelapa, serta mengetahui struktur anatomi dan tekstur serabut kelapa setelah perlakuan perendaman asam. Penelitian dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) terdiri dari 7 perlakuan antara lain perendaman serabut kelapa pada asam klorida konsentrasi 0% (kontrol), 3%, 5%, 7%, 40%, 50%, dan 60%. Hasil menunjukkan bahwa perlakuan perendaman asam pada konsentrasi tinggi menyebabkan penurunan biomassa, perubahan struktur anatomi dinding sklerenkim serabut kelapa dan menyebabkan struktur serabut kelapa menjadi lunak. Hasil *analysis of variance* (Anova) dan uji Duncan taraf signifikansi 95% menunjukkan bahwa perendaman serabut kelapa pada asam klorida konsentrasi tinggi berpengaruh terhadap penurunan biomassa serabut kelapa. Konsentrasi asam klorida yang paling efektif dalam degradasi lignin dan hemiselosa serabut kelapa adalah 60%.

Kata kunci: pretreatment, serabut kelapa, asam klorida, penurunan biomassa, struktur anatomi, kondisi fisik

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk dunia dan berkembangnya negara-negara maju menuju negara industri. Ketersediaan sumber energi minyak yang cenderung turun dari tahun ke tahun memicu adanya usaha-usaha untuk mencari sumber energi alternatif yang dapat diperbarui dan ramah lingkungan (Sun and Cheng, 2002). Salah satu bentuk energi alternatif yang ditawarkan adalah bioetanol. Sebagian besar bioetanol dewasa ini diproduksi melalui fermentasi glukosa jagung, dimana jagung merupakan salah satu bahan pangan utama dunia. Penggunaan bahan pangan sebagai bahan baku etanol ini akan menyebabkan harga makanan semakin meningkat, demikian pula dengan harga bioetanol (Badger, 2002).

Biomassa berselulosa merupakan sumber daya alam yang berlimpah dan murah serta memiliki potensi untuk produksi komersial industri etanol atau butanol. Selain dikonversi menjadi biofuel, biomassa berselulosa juga dapat mendukung produksi komersial industri kimia seperti asam organik, aseton atau gliserol (Wymann, 2002).

Tanaman kelapa berpotensi untuk dikembangkan menjadi bahan baku bioetanol karena mengandung selulosa yang tinggi. Produksi bioetanol dari bahan

selulosa memerlukan perlakuan awal (*pretreatment*) sebelum proses hidrolisis dilakukan yaitu untuk menghilangkan atau memodifikasi matrik lignin dan hemiselulosa yang melingkupi selulosa. Proses hidrolisis berperan untuk membuka struktur selulosa dan mendegradasi hemiselulosa dan lignin. Kemudian selulosa menjadi gula tunggal, sehingga dapat difermentasi menjadi etanol. Salah satu cara yang efektif untuk diterapkan adalah *pretreatment* lignoselulosa secara kimia menggunakan asam. Proses degradasi lignin dan hemiselulosa dapat dilakukan dengan cara melarutkannya dalam larutan asam kuat encer (Galbe dan Zacchi, 2007).

Latar belakang tersebut mendorong penulis untuk mengadakan penelitian tentang pengaruh asam klorida terhadap degradasi lignin dan hemiselulosa pada serabut kelapa. Keberhasilan tahap *pretreatment* akan menentukan tahap selanjutnya dalam pembuatan bioetanol, oleh karena itu dalam penelitian ini akan dilaksanakan proses awal dari pembuatan bioetanol yaitu dengan mendegradasi lignin dan hemiselulosa yang terdapat dalam serabut kelapa. Proses degradasi dapat dilakukan dengan melarutkannya dalam asam klorida. Konsentrasi asam klorida yang digunakan untuk degradasi merupakan faktor yang penting untuk menghilangkan kadar lignin dan hemiselulosa yang melingkupi selulosa. Hasil degradasi lignin

dan hemiselulosa dapat dilihat dari adanya penurunan biomassa serabut kelapa, perubahan struktur anatomi dan kondisi fisik serabut kelapa.

METODOLOGI

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Biologi Struktur dan Fungsi Tumbuhan Jurusan Biologi FSM Universitas Diponegoro Semarang pada bulan Juni – November 2012.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : botol flakon, cawan petri, gelas ukur, tabung erlenmeyer, pipet tetes, gelas beker, gelas benda, gelas penutup, kuas, pinset, oven, neraca sartorius, mikrotom putar, hot plate, dan mikroskop cahaya, karet gelang, plastik, dan silet.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : asam klorida, formalin, asam asetat, alkohol, xilol, alkohol/xilol 1:3, 1:1, 3:1, campuran gliserin/albumin, safranin 1% dalam alkohol 70%, balsam kanada, akuades, serabut kelapa dan jerami padi.

Cara Kerja

1. Persiapan Sampel

Serabut kelapa yang sudah tua dibersihkan dan dipisahkan dari kotorannya hingga membentuk helaian seperti rambut. Helaian serabut kelapa kemudian dipotong dengan ukuran yang seragam kira-kira 4 cm.

2. Perendaman Serabut Kelapa Menggunakan Asam Klorida

Serabut kelapa kemudian direndam menggunakan asam klorida pada dua kelompok konsentrasi yaitu konsentrasi rendah 3%, 5%, dan 7% dan konsentrasi tinggi 40%, 50%, dan 60%. Lama perendaman masing-masing adalah 96 jam.

3. Penentuan Biomassa Serabut Kelapa

Serabut kelapa setelah perendaman kemudian dikeringkan dalam oven bersuhu 60°C selama 60 menit, lalu untuk mengetahui biomassa serabut ditimbang menggunakan neraca sartorius. Pengeringan dan penimbangan dilakukan berulang-ulang hingga diperoleh biomassa serabut yang konstan.

4. Pengamatan Kondisi Fisik Serabut Kelapa

Serabut kelapa yang telah direndam dengan asam kemudian diamati perubahan fisik yang terjadi mengenai perubahan struktur

(kelunakan) dan perubahan warna serabut.

5. Pengamatan Struktur Anatomi Serabut Kelapa

Serabut kelapa yang telah diberi perlakuan asam dan diamati kondisi fisiknya kemudian dibuat preparat dengan metode tanpa parafin dan diamati dengan mikroskop cahaya perbesaran 40x10.

Analisis Data

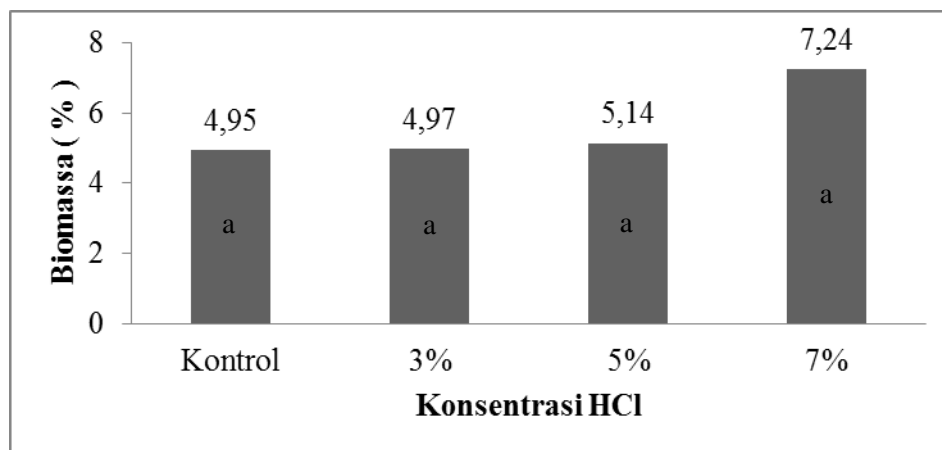
Penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dan dianalisis dengan *Analysis of Varians* (ANOVA) taraf signifikan 95%

dan jika ada perbedaan nyata antar perlakuan diuji lanjut dengan uji Duncan.

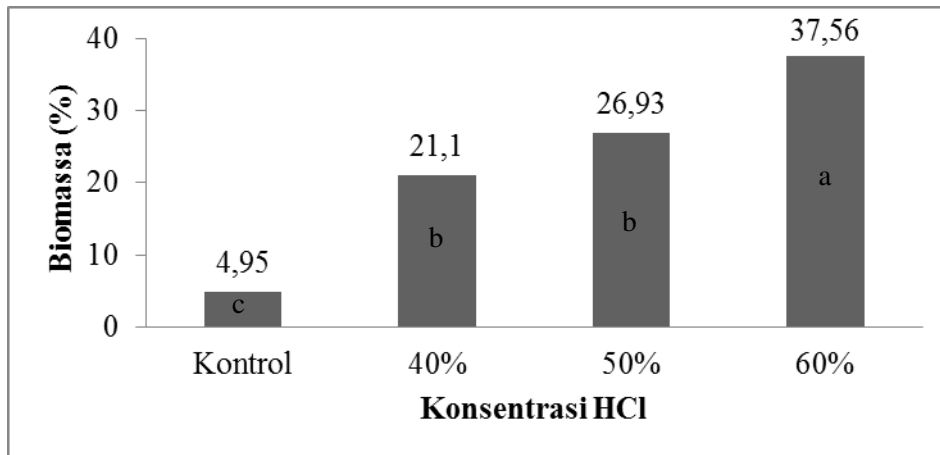
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini mengamati parameter antara lain penurunan biomassa serabut kelapa setelah perendaman dengan HCl konsentrasi rendah (3, 5, dan 7%) dan konsentrasi tinggi (40, 50, dan 60%).. Selain itu juga dilakukan pengamatan pada struktur anatomi, kelenturan dan perubahan warna serabut kelapa setelah perlakuan perendaman asam.

Data Penurunan biomassa pada konsentrasi 3%, 5%, dan 7% dapat dilihat pada histogram pada Gambar 1 dan 2.



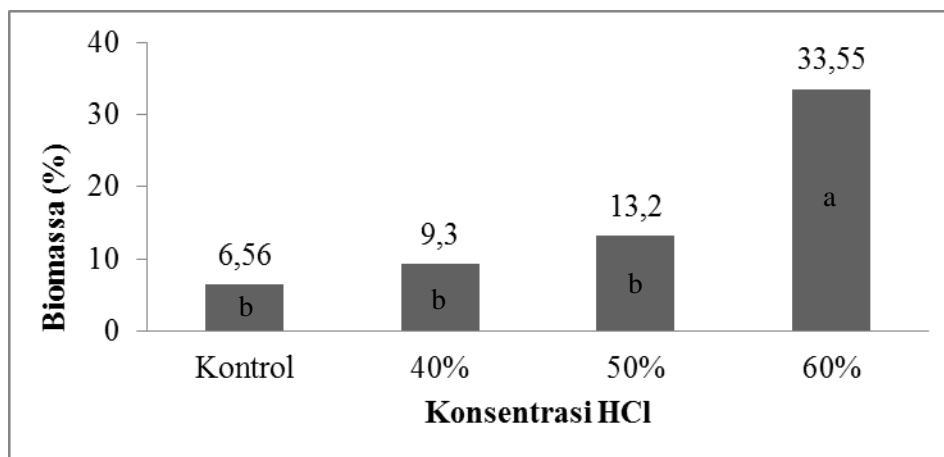
Gambar 1. Rerata Penurunan Biomassa Serabut Kelapa Setelah Perendaman HCl 3%, 5%, dan 7%



Gambar 2. Rerata Penurunan Biomassa Serabut Kelapa Setelah Perendaman HCl 40%, 50%, dan 60%

Sebagai pembandingan, dilakukan perendaman asam terhadap jerami padi. Langkah perendaman yang dilakukan serupa dengan perendaman serabut kelapa.

Data hasil pengamatan terhadap penurunan biomassa jerami padi pada perendaman HCl 40%, 50%, dan 60% dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Rerata Penurunan Biomassa Jerami Padi Setelah Perendaman HCl 40%, 50%, dan 60%

Berdasarkan analisis statistik, perendaman serabut kelapa dengan HCl konsentrasi 3%, 5%, dan 7% belum memberikan perbedaan yang nyata terhadap

penurunan biomassa serabut kelapa (angka signifikansi $0,659 > 0,05$). Guna mendapatkan hasil yang signifikan, maka dilakukan perendaman serabut kelapa

dengan HCl konsentrasi 40%, 50%, dan 60%. Berdasarkan analisis statistik perendaman serabut kelapa dengan HCl konsentrasi 40%, 50%, dan 60% memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penurunan biomassa serabut kelapa ditunjukkan dengan angka signifikansi $0,0004 < 0,05$. Semakin tinggi konsentrasi HCl yang diberikan, semakin tinggi pula penurunan biomassa yang didapatkan. Konsentrasi yang paling baik dalam degradasi lignin dan hemiselulosa serabut kelapa adalah 60%.

Serabut kelapa mempunyai potensi untuk dikembangkan menjadi bioetanol karena kandungan selulosanya yang cukup tinggi. Menurut Van Dam (2002), serabut kelapa mengandung 35,6% selulosa, 15,4% hemiselulosa, 32,7% lignin, 5,1% pektin, dan 3% material lain. HCl merupakan asam kuat yang mempunyai sifat sebagai oksidator kuat. HCl akan terurai menjadi ion H^+ dan Cl^- . Ion H^+ akan mudah bereaksi dengan O^{2-} yang ada di dalam jaringan. Ketika terjadi reaksi oksidasi, H^+ akan berikatan dengan O^{2-} yang ada di dalam jaringan yang menyebabkan adanya titik-titik uap (H_2O) pada dinding-dinding botol kaca. Ion Cl^- berperan untuk mengganggu stabilitas ikatan dalam jaringan. Struktur lignoselulosa akan diputus dan mengakibatkan peluruhan senyawa lignin dan hemiselulosa pada dinding sel. Struktur lignin dan hemiselulosa yang mengikat

selulosa melalui perendaman asam akan terkondensasi dan mengendap, sehingga akan menyebabkan bobot serabut kelapa mengalami penurunan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Ahmadi (1990) bahwa lignin memiliki gugus fungsi oksigen posisi benzilat yang sensitif terhadap media asam dan memiliki kecenderungan melakukan kondensasi.

Fengel dan Wegener (1995) mengungkapkan bahwa degradasi lignin dan reaksi kondensasi akibat perlakuan kimia dapat juga mempengaruhi distribusi bobot molekul rata-rata. Jumlah lignin yang terlarut asam dapat mencapai maksimum sekitar delignifikasi 50%. Adanya lignin terlarut asam akan memberikan pengaruh terhadap kandungan total lignin kayu dan terhadap biomassa kayu. Terbentuknya uap air (H_2O) dan luruhnya dinding sel sklerenkim hasil reaksi oksidasi HCl menyebabkan penurunan biomassa serabut kelapa. Melalui *pretreatment* HCl, selulosa akan menjadi struktur bebas yang terpisah dari lignin dan hemiselulosa kemudian akan memudahkan akses enzim selulase dalam mengubah selulosa menjadi monomer gula.

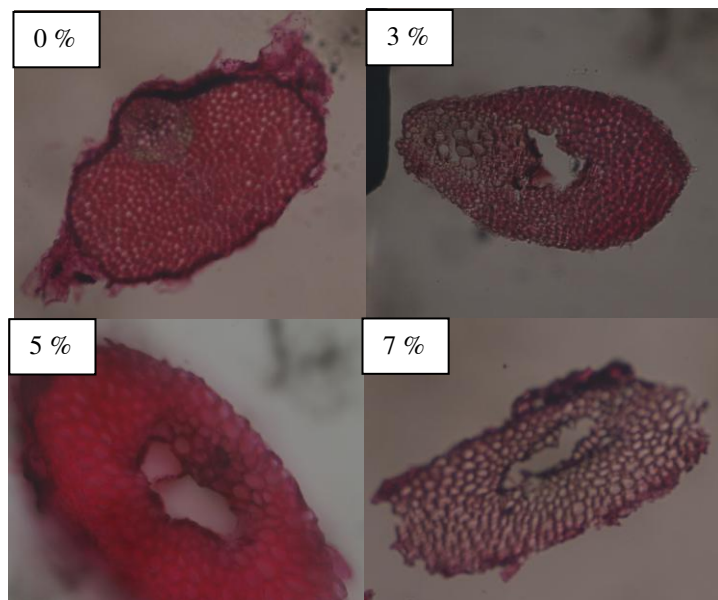
Perendaman jerami dengan HCl konsentrasi 40%, 50%, dan 60% memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penurunan biomassa jerami ditunjukkan dengan angka signifikansi $0,0033 < 0,05$. Semakin tinggi konsentrasi HCl yang diberikan, semakin tinggi pula

penurunan biomassa yang diperoleh. Konsentrasi yang paling baik untuk penurunan biomassa jerami padi adalah 60%.

Hasil pada kedua jenis bahan lignoselulosa ini memberikan hasil bahwa asam klorida pada konsentrasi tertentu dapat mendegradasi lignin dan hemiselulosa. Hal ini selaras dengan pernyataan Mosier (2002), HCl pada konsentrasi tertentu dapat mendegradasi kandungan lignin dari biomassa lignoselulosa. Penurunan biomassa pada jerami padi lebih kecil dari pada serabut kelapa dikarenakan serabut kelapa mengandung lignin yang lebih tinggi sehingga biomassa yang hilang akan lebih tinggi daripada jerami padi. Serabut kelapa mempunyai prospek yang lebih baik untuk

dijadikan sebagai bahan dasar bioetanol karena kandungan selulosanya lebih tinggi, namun karena kandungan ligninnya yang lebih tinggi harus dilakukan *pretreatment* secara lebih optimal. Penggunaan asam klorida (HCl) dalam *pretreatment* lignoselulosa memberikan prospek yang baik dalam pemanfaatan limbah serabut kelapa sebagai bahan dasar bioetanol yaitu membuka struktur selulosa dan mendegradasi hemiselulosa dan lignin sehingga selulosa dapat menjadi struktur tunggal yang siap diolah lebih lanjut.

Pretreatment lignoselulosa menggunakan HCl berpengaruh pada struktur anatomi serabut kelapa. Struktur anatomi serabut kelapa setelah perendaman HCl dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Anatomi Serabut Kelapa Setelah Perendaman HCl 3%, 5%, dan 7% Perbesaran 40x10

Serabut kelapa terdiri dari sel berupa sklerenkim yang tersusun rapat. Serabut kelapa yang diperlakukan tanpa *pretreatment* (kontrol) mempunyai susunan sklerenkim yang rapat dan padat, sedangkan serabut kelapa yang diperlakukan dengan *pretreatment* dengan HCl konsentrasi 3%, 5%, dan 7% mempunyai susunan sklerenkim yang lebih longgar, serta pada bagian tengah serabut terdapat celah atau lubang membujur. Semakin tinggi konsentrasi HCl yang digunakan, susunan sel sklerenkim longgar. Dilihat dari dinding luarnya, serabut kelapa yang diperlakukan dengan *pretreatment* terlihat lebih tipis daripada yang tidak diperlakukan *pretreatment* asam klorida.

Kandungan Cl^- dalam asam klorida akan mengganggu stabilitas ikatan antara selulosa, lignin, dan hemiselulosa. Gugus benzoat dalam ikatan ini akan terputus dan menyebabkan peluruhan lignin pada dinding sklerenkim. Lignin pada jaringan berfungsi sebagai pelekut antar sel dan ketika lignin meluruh atau hilang maka ikatan antar sel akan menjadi longgar. Peluruhan lignin dan hemiselulosa serta larutnya komponen lain dalam biomassa menyebabkan dinding sel sklerenkim menjadi lebih tipis. Akses enzim pada area permukaan akan meningkat dan longgarnya struktur anatomi biomassa menyebabkan

porositas menjadi naik. Hal ini sesuai dengan pernyataan Mosier et. al (2005) bahwa selain berpengaruh pada penguraian komponen lignoselulosa, *pretreatment* asam akan memberi pengaruh pada area permukaan dan porositas dinding sel sklerenkim. Enzim selulase dengan lebih mudah akan masuk dan mencerna selulosa pada masing-masing sel sklerenkim dengan lebih optimal.

Pembuatan preparat untuk pengamatan anatomi serabut kelapa hanya dilakukan pada konsentrasi 3%, 5%, dan 7%, dikarenakan pada konsentrasi ini sudah mulai tampak adanya perubahan anatomi jika dibandingkan dengan serabut kelapa yang tidak diberi perlakuan *pretreatment*. Berdasarkan hasil ini diperkirakan pada konsentrasi di atas 7% serabut kelapa akan mengalami perubahan anatomi dan ketebalan dinding sel.

Perubahan fisik yang diamati yaitu struktur (kelunakan) dan perubahan warna serabut kelapa setelah perendaman HCl. Data hasil pengamatan terhadap kelunakan dan warna serabut kelapa dan jerami tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1. Perubahan Struktur dan Warna Serabut Kelapa dan Jerami Setelah Perendaman Asam Klorida

		Struktur		Warna	
		Sebelum Perendaman	Setelah Perendaman	Sebelum Perendaman	Setelah Perendaman
Serabut Kelapa	Kontrol	+	+	kuning kecoklatan	kuning kecoklatan
	3%	+	+	kuning kecoklatan	kuning kecoklatan
	5%	+	+	kuning kecoklatan	kuning kecoklatan
	7%	+	+	kuning kecoklatan	kuning kecoklatan
	40%	+	++	kuning kecoklatan	merah kecoklatan
	50%	+	++	kuning kecoklatan	coklat kehitaman
	60%	+	+++	kuning kecoklatan	coklat kehitaman
Jerami	Kontrol	+	+	kuning kecoklatan	kuning kecoklatan
	40%	+	+++	kuning kecoklatan	coklat kemerahan
	50%	+	+++	kuning kecoklatan	coklat kemerahan
	60%	+	++++	kuning kecoklatan	coklat kehitaman

Keterangan: + = keras
 ++ = agak lunak
 +++ = lunak
 ++++ = sangat lunak

Perubahan struktur dan warna pada serabut kelapa dan jerami padi yang direndam dengan asam klorida merupakan perubahan fisik yang disebabkan oleh adanya reaksi antara HCl dengan jaringan dalam serabut kelapa. HCl bersifat oksidator kuat yang mudah bereaksi dengan bahan organik. Reaksi oksidasi yang terjadi saat serabut kelapa dan jerami direndam dalam larutan asam klorida menimbulkan adanya panas sebagai akibat pembakaran dalam bahan lignoselulosa. Panas akan menyebabkan serabut kelapa mengalami perubahan warna dan terlihat seperti gosong

dengan semakin tingginya konsentrasi asam klorida yang digunakan. Asam sebagai katalis dalam degradasi lignin dan hemiselulosa akan menyebabkan struktur anatomi sel skerenkim menjadi lebih longgar karena adanya peluruhan lignin dan hemiselulosa. Hal inilah yang menyebabkan struktur serabut kelapa dan jerami padi menjadi lebih lunak. Porositas dinding sel sklerenkim akan meningkat seiring dengan longgarnya struktur sel sklerenkim. Perubahan porositas dinding sel sklerenkim akan menyebabkan enzim selulase dengan lebih mudah akan masuk dan mencerna

selulosa pada masing-masing sel sklerenkim dengan lebih optimal.

KESIMPULAN

Asam Klorida (HCl) berfungsi sebagai katalis dalam *pretreatment* lignoselulosa serabut kelapa. Konsentrasi HCl yang paling tepat untuk digunakan pada *pretreatment* lignoselulosa serabut kelapa adalah 60%. *Pretreatment* lignoselulosa menggunakan HCl berpengaruh terhadap struktur anatomi dan kondisi fisik serabut kelapa. *Pretreatment* akan menyebabkan perubahan kelunakan, perubahan warna, melonggarkan susunan sel sklerenkim dan menipiskan dinding luar serabut kelapa. Prospek selanjutnya serabut kelapa melalui *pretreatment* asam klorida berpotensi digunakan sebagai sumber bahan dasar bioetanol.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmadi SS. 1990. *Kimia Kayu*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Direktorat Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Ilmu Hayat Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Badger, P.C. 2002. *Ethanol from cellulose.* A general review p. 17-21. In J 8r ~- and A. Whipkey (eds.), *Trends in new crops and new uses*. ASHS Press. Alexandria, VA.
- Fengel D dan G Wegener. 2000. *Kayu; Kimia, Ultrastruktur dan Reaksi-reaksi*. Terjemahan dari: *Wood; Chemistry, Ultrastructure, Reactions*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Galbe, M. and Zacchi, G. 2007. *Pretreatment of lignocellulosic materials for efficient bioethanol production*. *Adv. Biochem. Eng./Biotechnol.* 108, 41–65
- Mosier, N.S., Ladisch, C.M., Ladisch, M.R., 2002. Characterization of acid catalytic domains for cellulose hydrolysis and glucose degradation. *Biotechnology and Bioengineering* 79 (6), 610–618.
- Mosier N, Hendrickson R, Ho N, Sedlak M, Ladisch M (2005a). Optimization of pH controlled liquid hot water pretreatment of corn stover. *Bioresour. Technol.*, 96: 1986-1993.
- Sun, Y., Cheng, J., 2002. Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: a review. *Bioresource Technol.*, 83, 1-11.
- Van dam, J. E. G. 2002. *Coir Processing Technologicals Improvement of Drying, Softening, Balanching and Printing Coir Floor Covering*. FAO and cfc. Netherlands.
- Wyman, C. E. 2002. "Potential Synergies and Challenges in Refining Cellulosic Biomass to Fuels" *Biotechnol Progress*.